



EESTI MAAÜLIKOOL
Metsandus- ja maaehitusinstituut

Hanna-Liina Pärnik-Pernik

**HARILIKU SAARE (*FRAXINUS EXCELSIOR* L.)
JÄRGLASKATSETE ANALÜÜS
ANALYSIS OF EUROPEAN ASH
(*FRAXINUS EXCELSIOR* L.) PROGENY TRIALS**

Bakalaureusetöö

Loodusvarade kasutamine ja kaitse õppekava

Juhendajad: PhD Rein Drenkhan

MSc Ahto Agan

Tartu 2018

Eesti Maaülikool		Bakalaureusetöö lühikokkuvõte	
Kreutzwaldi 1, Tartu 51014			
Autor: Hanna-Liina Pärnik-Pernik		Õppekava: Loodusvarade kasutamine ja kaitse	
Pealkiri: Hariliku saare (<i>Fraxinus excelsior</i> L.) järglaskatsete analüüs			
Lehekülgi: 48	Jooniseid: 20	Tabeleid: 0	Lisasid: 5
Osakond/Õppetool: Metsakasvatuse ja metsaökoloogia õppetool			
ETIS-e Teadusvaldkond ja CERC S-i kood: Metsapatoloogia ja metsakasvatus B430			
Juhendajad: PhD Rein Drenkhan, MSc Ahto Agan			
Kaitsmiskoht ja- aasta: Tartu 2018			
<p>Järvseljale rajati 2017. aasta kevadel kaks hariliku saare järglaskatseala (Haavametsa ja Liispõllu), kuhu istutati võrdluseks veel ka eksoot-saari (pensilvaania saar, mandžuuria saar, hiina saar). Hariliku saare seeme koguti Eesti viiest maakonnast 2014. ja 2015. aastal, mis pärines tervetelt ja haigussümptomitega emapuudelt, eksoot-saare emapuud olid terved. Katsealadele istutati 3175 hariliku saare ja 216 eksoot-saare katsetaime, koos puhvertaimedega istutati ca 4000 taime. Järglaskatse analüüsi mõte on testida erineva päritolu saare emapuude resistentsust saaresurma tekitaja <i>Hymenoscyphus fraxineus</i> vastu. Lisaks analüüsitakse emapuude järglaste kasvu ja ellujäämist päritolude kaupa. Täpseteks laborianalüüsideks koguti 17 haigussümptomiga saareproovi. Patogeeni tuvastamiseks kasutati saaresurma liigispetsiifilisi DNA primereid. Nendest 17nest proovist oli saaresurmaga nakatunud vaid kaks proovi, s.o pensilvaania saar ja hiina saar. Antud töös tehti hinnang saaretaimede kohta pärast esimest kasvusesooni. Kahel katsealal mõõdeti kokku 3175 katsetaime ning olulisi kõrguskasvu erinevusi hariliku saare keskmistes kõrgustes erinevat päritolu järglastel ei esinenud. Saaretaimede suremus peale esimest kasvusesooni oli mõlemal katsealal keskmiselt 2,7%. Liispõllul oli suremus 1,6% ja Haavametsas 4,2%. Haavametsa katsealal võis suurem suremus olla tingitud tihedast umbrohu kasvust. Samas oli Liispõllu katsealal kõrgem sümptomaatiliste taimede arv</p>			

(4,4%) kui Haavametsa katsealal (4,1%), sest Liispõllu katsealal olid taimed kohati üle ujutatud. Peale esimest kasvusesooni võib märkida, et parima kasvuga harilikud saared pärinesid Järvamaalt ja Läänemaalt ning viletsama kasvuga olid Saaremaa ja Tartumaa päritolu saared. Antud töö tulemusena hetkel ei ole võimalik lõplikku hinnangut anda parima kasvu ja tervemat päritolu saare järglaste kohta, sest üks kasvusesoon on selleks liiga lühike.

Märksõnad: saaresurm, *Hymenoscyphus fraxineus*, liigispetsiifiline PCR primer, eksoot-saareliigid, päritolu, emapuude järglased

Estonian University of Life Sciences		Bachelor's Thesis	
Kreutzwaldi 1, Tartu 51014			
Author: Hanna-Liina Pärnik-Pernik		Curriculum: Natural Resources Management	
Title: Analysis of European Ash (<i>Fraxinus excelsior</i> L.) progeny trials			
Pages: 48	Figures: 20	Tables: 0	Appendixes: 5
Department/Chair: Chair of Silviculture and Forest Ecology Field of research and (CERC S) code: Forest pathology and Silviculture B430 Supervisors: PhD Rein Drenkhan, MSc Ahto Agan Place and date: Tartu 2018			
<p>In the spring of 2017, two progeny trials (Haavametsa and Liispõllu) were created in Järvselja for European Ash and some exotic ash trees incl. Green Ash, Manchurian Ash, Chinese Ash. The seeds of the European Ash were collected in 2014 and 2015 from five regions of Estonia, which originated from healthy and diseased mother trees. Total of ca. 4000 ash seedlings were planted, from which 3175 were European Ash, 216 were exotic ash trees and the rest were buffer-trees. The purpose of ash experimental area is to analyse the resistance of the ash dieback to progenies. In addition, growth and survival chances of the seedlings by different origin was analysed. In laboratory 17 symptomatic samples were analysed by species-specific DNA primers of <i>H. fraxineus</i>. Out of 17 samples, two exotic ash species (Green Ash and Chinese Ash) samples were infected by ash dieback agent. The ash seedlings assessment was done after the first vegetation period in current work. In total 3175 European Ash progenies were estimated. The height of healthy and diseased origin of ash seedlings were not statistically significant. The ash seedling mortality after the first period of growth was 2,7%. In the Liispõllu progeny trial the mortality was 1,6% and Haavametsa progeny trial 4,2%, which may have been due to the huge weed growth. While in the Liispõllu progeny trial had higher number of symptomatic ash seedlings (4,4%) than in the Haavametsa progeny trial (4,1%), because in Liispõllu some seedlings</p>			

were flooded. After the first vegetation period, it was resulted that best-growing European Ash trees originated from Järvamaa and Läänemaa, and the worst-growing seedlings from Saaremaa and Tartumaa. In this research it cannot be concluded the best and healthiest ash tree origins, because the period of one growing season is too short.

Keywords: ash dieback, *Hymonoscyphus fraxineus*, species-specific PCR primer, exotic ashes, origin, progenies of the mother tree

SISUKORD

SISUKORD	6
SISSEJUHATUS	7
1. HARILIKU SAARE (<i>FRAXINUS EXCELSIOR</i> L.) KIRJELDUS	9
1.1. Hariliku saare morfoloogia	9
1.2. Hariliku saare areaal	10
1.3. Hariliku saare kasutamine	12
2. SAARESURM (TEKITJA <i>HYMENOSCYPHUS FRAXINEUS</i>)	13
2.1. Sauresurma levikuala	13
2.2. Sauresurma elutsükel ja viljakehad	15
2.3. Sauresurma kahjustus	17
2.4. Rakendatavad kaitseabinõud sauresurma vastu	18
3. MATERJAL JA METOODIKA	20
3.1. Saare katsealad Järveljal	20
3.2. Saarepuude hindamine	21
3.3. Laborianalüüsid	22
4. TULEMUSED	23
4.1. Hariliku saare järglaste kõrguskasv	23
4.2. Hariliku saare järglaste kahjustused ja suremus	27
4.3. Eksoot-saareliikide kõrguskasv	29
4.4. Hariliku saare järglaste keskmine kõrguskasv kahel katsealal kokku	31
5. ARUTELU	33
KOKKUVÕTE	37
KASUTATUD KIRJANDUS	39
LISAD	42
Lisa 1. Haavametsa katseala skeem koos tähistega joonisel	43
Lisa 2. Haavametsa katseala ortofoto	44
Lisa 3. Liispõllu katseala skeem	45
Lisa 4. Liispõllu katseala ortofoto	46
Lisa 5. Väljavõte Haavametsa katseala skeemist koos kõrguskasvu hinnangutega (välitööleht)	47

SISSEJUHATUS

Saare enamusega puistuid on Eesti metsade pindalast 0,33% (Raudsaar *et al.* 2014). Saar on väärtuslik puuliik, sest saare puit on kõva ja kvaliteetne ning kõrge kütteväärtusega (Laas 1987). 19. sajandil hakati saare puid rohkesti kultiveerima, et tõsta saarikute osakaalu Eesti metsades (Drenkhan, Hanso 2009a).

Sel sajandil on saare puudele suurimaks ohuks saaresurma tekitaja *Hymenoscyphus fraxineus*, mis on hetkel olulisim metsapatoloogiline probleem Euroopas ning nimetatud haigustekitajat uuritakse intensiivselt, sest selle patogeeni kahjustused on viinud hariliku saare populatsiooni Euroopas madalseisu (Drenkhan *et al.* 2017a). Saaresurm on ohtlik patogeen, mis levib kiiresti, leidub paljudel saare liikidel ja võib hävitada kogu puu või isegi puistu (Drenkhan, Hanso 2009a; Drenkhan *et al.* 2017). Ka Eestis väheneb saarepuistute hulk, näiteks Eestis on saare enamusega puistute hulk võrreldes saaresurma eelse ajaga (1994) kuni tänaseni vähenenud umbes 500 ha (Drenkhan *et al.* 2017). Samas on teada et, 2010. aastal kanti harilik saar Rootsis punasesse nimistusse saaresurma kahjustuse tagajärjel (Pihlgren *et al.* 2010; Stenlid *et al.* 2011).

Hinnangud saarikutes on näidanud, et olenemata tugevast kahjustusest puistus on leitud siiski terveid saarepuid, kes on saaresurma suhtes resistentsemad (Drenkhan *et al.* 2017). Selleks koguti seemet tervetelt ja haigetelt puudelt ning kasvatati taimed, et testida nende haiguskindlust. Kasvatatud taimedest rajati järglaskatsealad Järveljale ning antud töös mõõdeti ja hinnati järglastaimi katsealadel.

Bakalaureusetöö olulisimad eesmärgid on: 1) hinnata kahel Järvelja katsealal (Haavametsa ja Liispõllu) saaretaimede tervislikku seisundit ja väljalangevust päritolude kaupa peale esimest kasvusesooni, 2) hinnata saaretaimede kõrgust päritolude kaupa, 3) analüüsida saaretaimede nakatumist saaresurma tekitajaga (*Hymenoscyphus fraxineus*).

Lisaks täideti ka täpsemaid ülesandeid seonduvalt katseala praktilise majandamise osas, näiteks kaardistati välja langenud saaretaimede täpne asukoht, nende hulk ja märgiti liigveega üleujutatud alad. Need andmed on olulised katsealade majandamisel 2018. aastal.

23. mail 2017. aastal toimus „Puidu bioloogiline lagunemine ja puidukaitse“ õppepraktika, mille raames aitasid „Loodusvarade kasutamine ja kaitse“ üliõpilased istutada Liispõllu

katsealale saare seemikuid. Bakalaureusetöö otsustavaks valikuks sai see, et autor aitas teostada istutustöid.

Sooviksin tänada lõputöö juhendamisel dotsent Rein Drenkhanit ja teadur Ahto Aganat, kellega koos käisin välitöödel saare seemikuid hindamas, kes aitasid läbi viia labori- ning statistilisi analüüse.

1. HARILIKU SAARE (*FRAXINUS EXCELSIOR* L.)

KIRJELDUS

Harilik saar kuulub õlipuuliste sugukonda (*Oleaceae*) ja perekonda saar (*Fraxinus*). Saarepuu on ühekojaline taim ehk esinevad nii isas- kui ka emasõied. Saar on heitlehine puu. Puu võib kasvada kuni 25-35 (40) meetri kõrguseks ja 150-200 (300) aasta vanuseks. (Laas 1987)

1.1. Hariliku saare morfoloogia

Saarepuu tüvi on sirge ning hästi laasuv, koor on noorelt sile ja rohekashall, vanemas eas on korp helehall, sügavate ja peenikeste pragudega. Tüve läbimõõt on keskmiselt 1-1,5 meetrit ja oksad paiknevad hõredalt. Vartel olevad pungad on väikesed, õrnalt lapikud, sametjad ning värvuselt mustad. (Laas 1987)

Saare lehed on vastakud paaritusulgjad liitlehed, 9-15 teritunud tipuga, lehe serv on jämedalt saagjas. Võrse pikkuseks on kuni 40 sentimeetrit ning iga leheke kuni 10 sentimeetrit pikk. Värvuselt on lehed pealt tumerohelised ja alt helerohelised. (*Ibid* 1987)

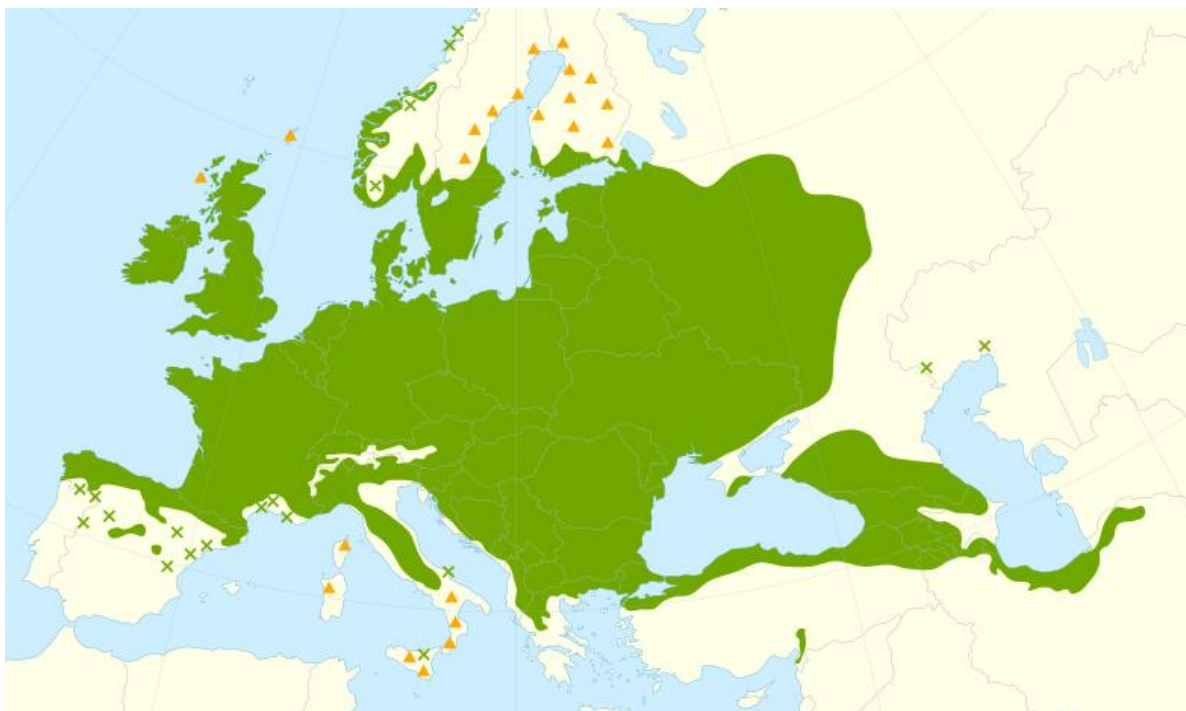
Saarepuul on nii emas- kui ka isasõied. Õied asuvad kuni 12 sentimeetri pikkustes violetjates või tumepruunides pööristes, kroonlehti on vähe (2-4). Saar on tuultolmleja ning õitseb mai keskel, enne lehtede puhkemist. (*Ibid* 1987)

Viljad valmivad septembris ja oktoobris ning võivad kuni kevadeni puule jääda. Viljaks on 2-4 sentimeetri pikkune ning ühe sentimeetri laiune tiibvili, mis on mõlemast otsast tõmp, nooremas eas on värvus heleroheline, vanemas eas pruun. (*Ibid* 1987)

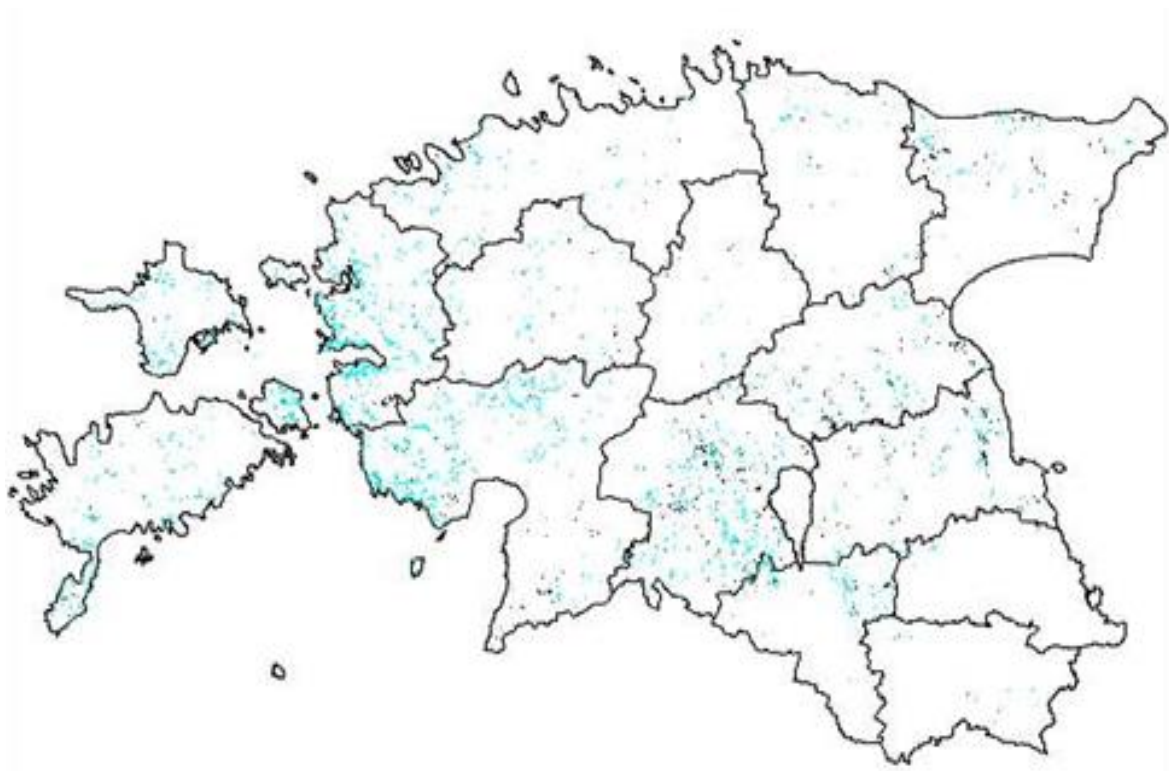
Kuigi peajuur ei tungi sügavale, on juurestik siiski hästi välja arenenud ning juured taastuvad vigastustest kergesti. Pärast raiumist annab palju kännuvõsu. (*Ibid* 1987)

1.2. Hariliku saare areaal

Harilikku saart leidub peamiselt Euroopas ja Aasia lääneosas (joonis 1). Eestis on harilik saar tavaline puuliik, aga peamiselt kasvab Lääne- ja Kesk-Eestis. Saar on peapuuliigina Eestis vähe levinud, kokku 0,33% meie metsadest (joonis 2). Harilikku saart kasutatakse tänapäeval palju linnahaljastuses. (Ploompuu 2007)



Joonis 1. Hariliku saare areaal Euroopas ja Aasia lääneosas. (Caudullo *et al.* 2017 järgi)



Joonis 2. Hariliku saare levik Eestis, kus helesinine tähistab saare enamusega puistuid. (Drenkhan *et al.* 2015 järgi)

Hariliku saare kasvukohaks on enamasti: salumetsad, lammimetsad, lodumetsad, puisniidud ja sooniidud. Tavaliselt esineb harilik saar esimeses puurindes. (Laas 1987)

Mullaviljakuse poolest on ta suhteliselt nõudlik, toitainesisaldus peab olema suur ning pH vahemikus 5,0-7,5. (Drenkhan, Hanso 2009a)

Harilik saar on valgusnõudlik ja soojalembene ning on eriti tundlik kevadiste hiliskülmade ja sügiseste varakülmade suhtes. Eesti suvi kipub jääma saare jaoks lühikeseks. (*Ibid* 2009)

1870. aastal hakati saart laialdaselt kultiveerima, kuni 19. sajandi alguseni ei esinenud saarepuud puhtpuistutes. Peamiselt on leitud saart üleujutatavatel tasandikel, põllumajandusest hüljatud maadel ning jõgede kallastel. (*Ibid* 2009)

1.3. Hariliku saare kasutamine

Neoliitikumi lõpus, 4.-2. aastatuhat eKr, kui inimasustus tihenes, hakati rohkem puitu tarbima ning sellega seoses vähenes ka saare osakaal metsades. (Drenkhan, Hanso 2009a)

Saarel on raske ja kõva puit ning see on omapärase lõhnaga. Puit on väga väärtuslik, mille struktuur on ilus, heledate täppidega. Puitu kasutatakse mööbli valmistamiseks, siseviimistluseks, parketi ja suuskade tootmiseks ning on kõrge kütteväärtusega. (Laas 1987)

2. SAARESURM (TEKITAJA *HYMENOSCYPHUS FRAXINEUS*)

Sauresurma tekitajat (nimega *Chalara fraxinea*) kirjeldati maailmas esimest korda Poolas 2006. aastal (Kowalski 2006). Haigustekitaja on ohtlik patogeen ning levib kiiresti ja hävitab kogu puu (Drenkhan, Hanso 2009a). Sauresurma tekitaja (tänapäeval tuntud nime all *Hymenoscyphus fraxineus*) isoleeriti Eestis esmakordselt Eesti Maaülikooli metsandus- ja maaehitusinstituudi metsapatoloogia laboris 2008. aastal. Saarevõrseid, mis olid nakatunud võeti Laulasmaalt keskealiselt saarelt ja haigustekitaja isoleeriti puhaskultuuri (*Ibid* 2009).

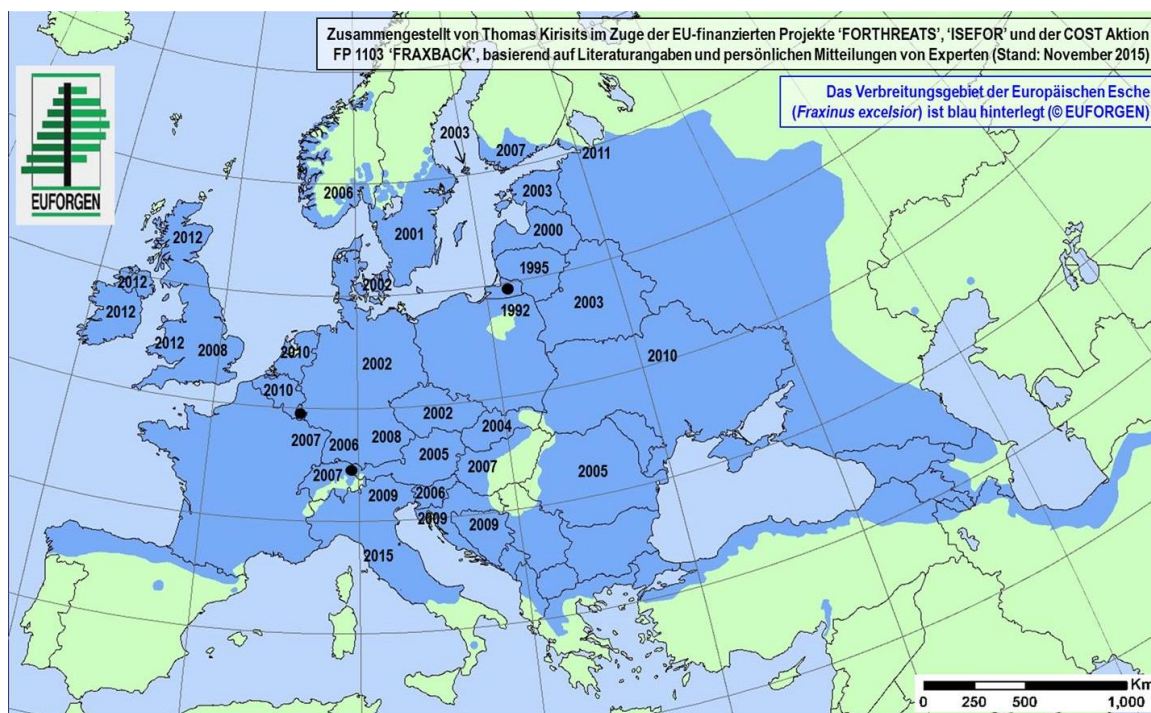
H. fraxineus'e puhul on tegemist kottseenega, mille arvatav esialgne kodumaa on Ida-Aasias, kus nimetatud seene geneetiline mitmekesisus on tunduvalt suurem kui Euroopas (*Ibid* 2009). Kodumaal Aasias on sauresurm ainult lehe haigus ning kahjustab üksikuid võrseid (Drenkhan *et al.* 2017c).

Sauresurm ei kahjusta ainult harilikku saart, patogeeni võib leida ka muudelt saare liikidelt nagu näiteks pensilvaania saar (*Fraxinus pennsylvanica*), mandžuuria saar (*F. mandshurica*), ameerika saar (*F. americana*), must saar (*F. nigra*) ja mitmed teised saareliigid: *F. sogdiana*, *F. angustifolia*, *F. chinensis*, *F. ornus*. (Drenkhan *et al.* 2017a)

2.1. Sauresurma levikuala

Eestisse, kui ka mujale Põhja-Euroopasse saabuvad kliima soojenemise tõttu uued haigused, mille levikut varem takistasid külmad talved (Roques *et al.* 2009; Santini *et al.* 2013). Patogeenid võivad aastaid varjatult looduses esineda, soojades ja soodsates tingimustes hakkavad nad aga võimust võtma ning võivad kaasa tuua taimedele tõsisid kahjustusi (Drenkhan, Hanso 2009b; Drenkhan *et al.* 2017b).

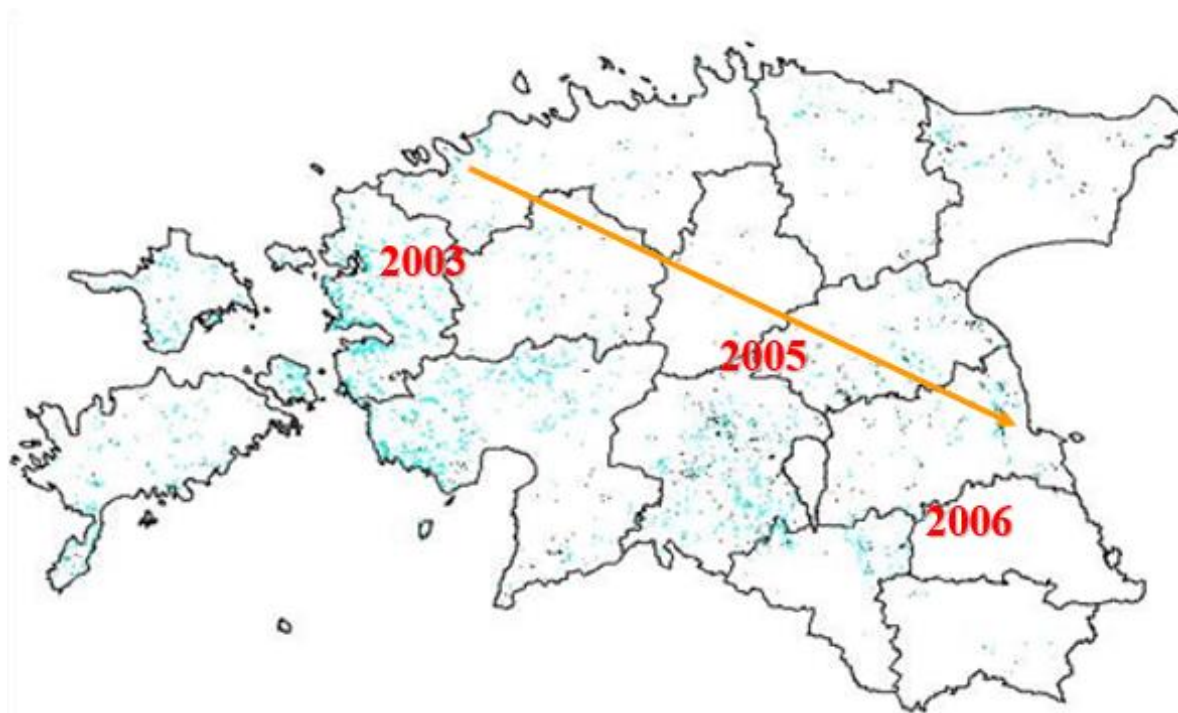
Sauresurma tekitajat *H. fraxineus*'t esineb harilikul saarel peamiselt Euroopas ning Lääne-Aasias (joonis 3). Joonisel on kujutatud sauresurma tekitaja levikuareaal Euroopas, lisaks on iga riigi juurde märgitud *H. fraxineus*'e avastamise aasta.



Joonis 3. Sauresurma tekitaja esinemist tähistavad avastamise aastad riikide kaupa harilikul saare areaalil (tähistatud sinisega). (Exche in Not järgi)

Haigus levis Euroopas idast läände, põhja ja lõunasse. Esimesena märgati haigust 1992. aastal Poolas. *H. fraxineus* saabus Ida-Euroopasse ilmselt mandžuuria saare või hiina saare (*Fraxinus chinensis*) istutusmaterjaliga, mis oli suure tõenäosusega imporditud Ida-Aasiast, Venemaalt (Drenkhan *et al.* 2014). Alates aastast 1980 on 70% juhtudest saabunud patogeenid riikidesse elusmaterjali sisseveoga (Santini *et al.* 2013).

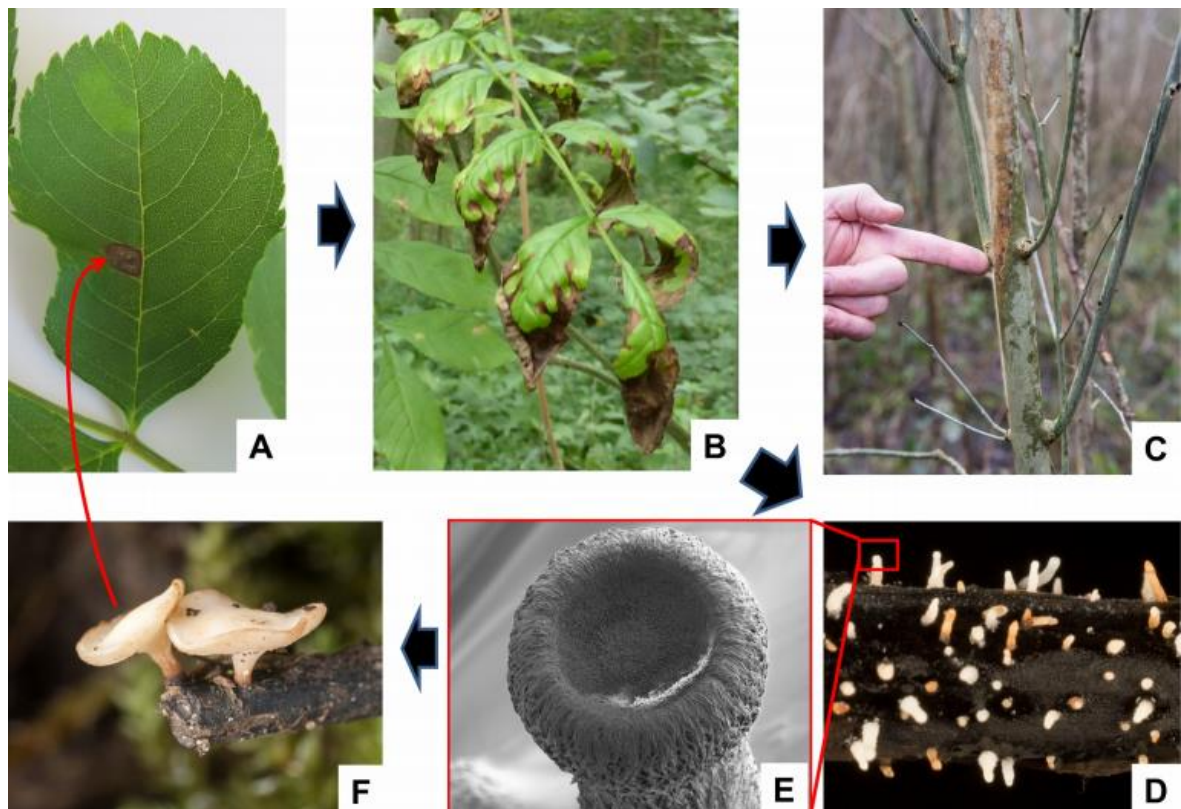
Eestis hakkas levima sauresurm loodest kagusse (joonis 4) ning esmalt märkas saare kahjustusi 2003. aastal Tõnu Ploompuu Loode-Eestis. Seejärel jõudis haigus Kesk-Eestisse 2005. ja Kagu-Eestisse 2006. aastal. (Drenkhan, Hanso 2009a)



Joonis 4. Sauresurma levimis suund Eestis oli loodest kagu suunas. (Drenkhan *et al.* 2015 järgi)

2.2. Sauresurma elutsükkel ja viljakehad

Sauresurma elutsükli iseloomustab see, kuidas *H. fraxineus*'e askosporid maanduvad hariliku saare lehele ning põhjustavad seal varasuvel nekrootilisi laiike (joonis 5A). Seejärel on näha lehtede kärbumist (joonis 5B), ning nekrootiline laik võrsel (joonis 5C). Nakatunud lehed langetab puu sügisel ning leherootsuldel hakkavad varasuvel kasvama *H. fraxineus*'e algstaadiumis viljakehad, mis on kuni 0,1 mm läbimõõduga (joonis 5D ja 5E). Joonisel 5F on näha arenemisstaadiumis sauresurma tekitaja viljakehad. (Downie 2017)



Joonis 5. Sauresurma tekitaja (*H. fraxineus*) elutsükel sümptomitest kuni seene viljakehadeni. (Downie 2017 järgi)

Seenhaiguse kiire areng võimaldab infektsioonil liikuda paremini lehest leherootsuni ning kasvada edasi võrses, kus ta saab talvituda, see võib põhjustada kogu okste suremise järgmisel kasvusesoonil. (Gross *et al.* 2014)

Sauresurma tekitaja *H. fraxineus*'e viljakehad (joonis 6) ilmuvad Eesti kliimaoludes mahalangenud saare leherootsudele juunist septembrini, kust levivad eosed sporulatsiooniperioodi jooksul edasi puuvõras olevatele lehtedele, nakatades neid. (Drenkhan *et al.* 2017a)



Joonis 6. Saaresurma tekitaja (*H. fraxineus*) viljakehad maas lebaval saare leherootsul. (Rein Drenkhani foto)

2.3. Saaresurma kahjustus

Esimeste sümptomitena ilmuvad lehtedele ja võrsetele pruunikad nekrootilised laigud (Drenkhan *et al.* 2017a). Talvel kukuvad surnud võrse tipud maha. Kevadel on näha pruune laike võrsel 10-20 sentimeetri ulatuses. Enda kaitsmiseks ja võra taastamiseks, hakkab puu kasvatama vesivõsusid, mis haigestuvad samamoodi ja hukuvad. Lõpuks on näha vesivõsusid ainult tüvel ja mõnel jämedamal oksal (Ploompuu 2007).

Hariliku saare kahjustus saaresurma poolt on näidatud neljal joonisel, tervest kuni peaaegu surnud saarepuuni (joonis 7). Järgmiselt: algul on saar elujõuline (joonis 7.1), seejärel on nähtavad mõned surnud oksad (joonis 7.2), edasi on saare võra kahjustunud tugevalt ning tüvel on näha rohkesti vesivõsusid (joonis 7.3). Kahjustus jätkub seni, kuni saar lõpuks sureb (joonis 7.4).



Joonis 7. Hariliku saare kahjustus saaresurma poolt on näidatud neljal joonisel, tervest kuni peaaegu surnud saarepuuni. (Rosenvald *et al.* 2015 järgi)

Sauresurm on metsapatoloogia suurim probleem Euroopas, ohustades metsandust ja metsade bioloogilist mitmekesisust (Pautasso *et al.* 2013). Patogeen on väga ohtlik, sest kahjustab igas vanuses saari ning levib tuulega, võib esineda varjatult ning sarnaneda mõne teise patogeeni sümptomitega (Drenkhan *et al.* 2017a). Näiteks saare leherootsude lagundaja *Hymenoscyphus albidus*, mis ei tekita sümptomeid harilikul saarel, aga viljakehad on mõlemal seenel sarnased (Queloz *et al.* 2011).

2.4. Rakendatavad kaitseabinõud saaresurma vastu

Sauresurma vastu võitlemiseks on rakendatud palju abinõusid, milleks on näiteks lehtede koristamine aias ja pargis, resistentsemate puude valik ja neilt seemnete kogumine, võimalike bioloogiliste tõrjepreparaatide väljatöötamine ning riiki siseneva bioloogilise materjali kontrollimine. (Drenkhan *et al.* 2017a)

H. fraxineus'ele parema vastupanuga puukloonide leidmiseks korjatakse seemned vaid puudelt, mis on patogeeni poolt vähem kahjustatud ning ainult okstelt, millel puuduvad

ilmsed saaresurma tunnused (Cleary *et al.* 2012). Selline süsteemne proovide kogumise mõte on leida seenhaiguse suhtes resistentsemaid puid.

Selleks, et leida resistentsemaid puid, tuleks mingil määral nakatunud puid säilitada. Eemaldades nakatunud puistutest kõik saared, on võimatu kindlaks teha, millised saared on vastupidavamad. Selline teguviis võib pärssida ka uue saarepõlvkonna looduslikku teket. (Pezzi *et al.* 2012)

3. MATERJAL JA METOODIKA

3.1. Saare katsealad Järveljal

Analüüsitud taimed istutati kahele katsealale, Haavametsa (N 58.28259°; E 27.34968°) (lisa 1 ja 2) ja Liispõllu (N 58.27255°; E 27.27245°) (lisa 3 ja 4), mis asuvad mõlemad Järveljal, Tartumaal. Katsealad olid üksteisest linnulennult 4,6 kilomeetri kaugusel. Seemned koguti tervetelt ja haigetelt puudelt üle Eesti, aastatel 2014 ja 2015. Seemned kuivatati ja säilitati sügavkülmas (-20°C) ning hiljem viidi Järvelja taimlasse, kus kasvatati kaheaastased hariliku saare seemikud ning kolmeaastased eksoot-saare seemikud. Hariliku saare seemned pärinesid Tartumaalt, Ida-Virumaalt, Järvamaalt, Läänemaalt ja Saaremaalt. Mandžuuria saare seemned pärinesid Venemaalt, Vlodivostoki linnast ning teiste eksoot-saareliikide (pensilvaania ja hiina saare) seemned olid pärit Tallinna Botaanikaaiast.

Katseplokid tähistati katsealadel järgmiselt: Ida-Virumaa haige (IV1H, IV2H, IV3H, IV4H); Ida-Virumaa terve (IV6T, IV7T, IV8T, IV10T); Järvamaa haige (J2H, J3H, J4H, J5H); Järvamaa terve (J7T, J8T, J9T, J10T); Läänemaa haige (L1H, L2H, L3H, L5H); Läänemaa terve (L7T, L8T, L9T, L10T); Saaremaa haige (S1H, S3H, S4H, S5H); Saaremaa terve (S6T, S8T, S9T, S10T); Tartumaa haige (T1H, T2H, T3H, T5H) ja Tartumaa terve (T6T, T7T, T8T, T9T). Kokku on katsealadele istutatud 40 hariliku saare emapuu järglased, neist pooled on haiged ja pooled terved. Igast nimetatud maakonnast koguti seemet kümnelt emapuult (viis tervet ja viis haiget) ehk kokku 50 emapuult ning lõppvalikusse jäid 40 emapuu järglased. See lõplik valik tulenes katsealade suurusest ja idanenud seemnete hulgast.

Ühe katseala suurus on umbes üks hektar, kokku on saare katsealad Järveljal ca kahe hektari suurusel alal. Maa valmistati istutamiseks sobilikuks ning katsealad ümbritseti aiaga ulukikahjustuste vältimiseks (joonis 8).



Joonis 8. Aiaga ümbritsetud Haavametsa hariliku saare järglaskatseala. (Autori foto)

Taimed istutati teineteisest kahe meetri kaugusele ehk seadu 2 x 2 meetrit, kahele erineva suurusega ruudule. Suuremasse ruutu (8 x 8 m) istutati 16 taime ning väiksemasse (8 x 4 m) ruutu kaheksa taime (lisa 5). Kahe katseala peale kokku istutati 3175 taime ning kui lisada juurde puhvritsooni taimed, siis on saaretaimi kahel katsealal kokku ca 4000.

3.2. Saarepuude hindamine

Septembrikuus 2017. aasta jooksul hindasime saarepuid Liispõllul 11.09.2017 ja 22.09.2017, ning abiks olid Rein Drenkhan, Liina Jürisoo ja Ahto Agan. Haavametsa katsealal hindasime saari koos Ahto Aganaga 25.09.2017 ja 29.09.2017.

Mõõtsime ära iga puu kõrguse ning hindasime puu tervislikku seisundit sümptomite järgi: nekrootiline laik võrsel, närbunud või mustunud lehed, putukakahjustus või surnud taim. Liispõllul kaevasime käsitsi mikrokraavid pinnavee ära juhtimiseks, sest paljud taimed olid sügisel üle ujutatud. Mõõtmise ajal tallasime ümber saaretaimede umbrohu maha ja seda nii Liispõllu kui Haavametsa katsealadel (joonis 9).



Joonis 9. Haavametsa katsealal olev tihe umbrohi septembris 2017, kus hiirekaitse sinised torbikud on vaevu märgatavad. (Autori foto)

3.3. Laborianalüüsid

Analüüsimiseks koguti proovid Järvelja taimlast enne istutamist. Lisaks koguti haigustunnustega saare võrsed Haavametsa katsealalt, prooviruudult T1H (Tartumaa haige) ning kahelt eksoot-saareliigi järglastelt FPT1 (pensilvaania saar) ja FMVV (mandžuuria saar). Seda selleks, et välja selgitada sümptomite võimalik seos saaresurmaga. Analüüsimiseks oli kogutud 17 proovi 17nelt erinevalt katseala prooviruudult.

DNA eraldamine ja liigispetsiifiline PCR viidi läbi vastavalt metoodikale ning patogeeni tuvastamiseks kasutati liigispetsiifilisi DNA primeritena H. frax F ja H. frax R primereid. (Drenkhan *et al.* 2016)

Katsealal kogutud andmed sisestati Exceli tarkvarasse. See järel koondati erinevatesse tabelitesse, mida hiljem töödeldi, kasutades statistilisi hinnanguid, näiteks t-Testi.

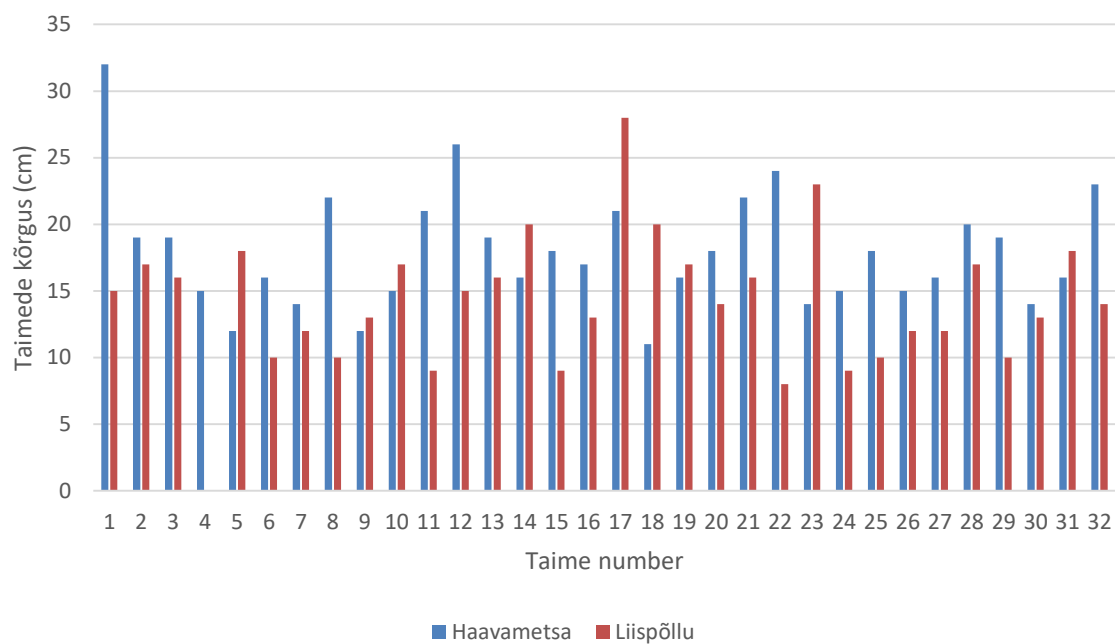
4. TULEMUSED

Kahele katsealale istutati kokku 3175 saare istikut (jättes analüüsist välja puhvritsooni taimed). Neist esimese aasta sügiseks oli kasvama läinud 3091 taime. Surnud taimi oli kahe katseala peale kokku 84 ehk ligikaudne taimede suremus esimese kasvusesooni järel on 2,7%.

Katsealasid ümbritsenud puhvritsooni taimi hinnati kokku 755, millest surnud taimi oli 24. Kahe katseala puhvritsooni taimede suremusprotsent oli seega 3,3%.

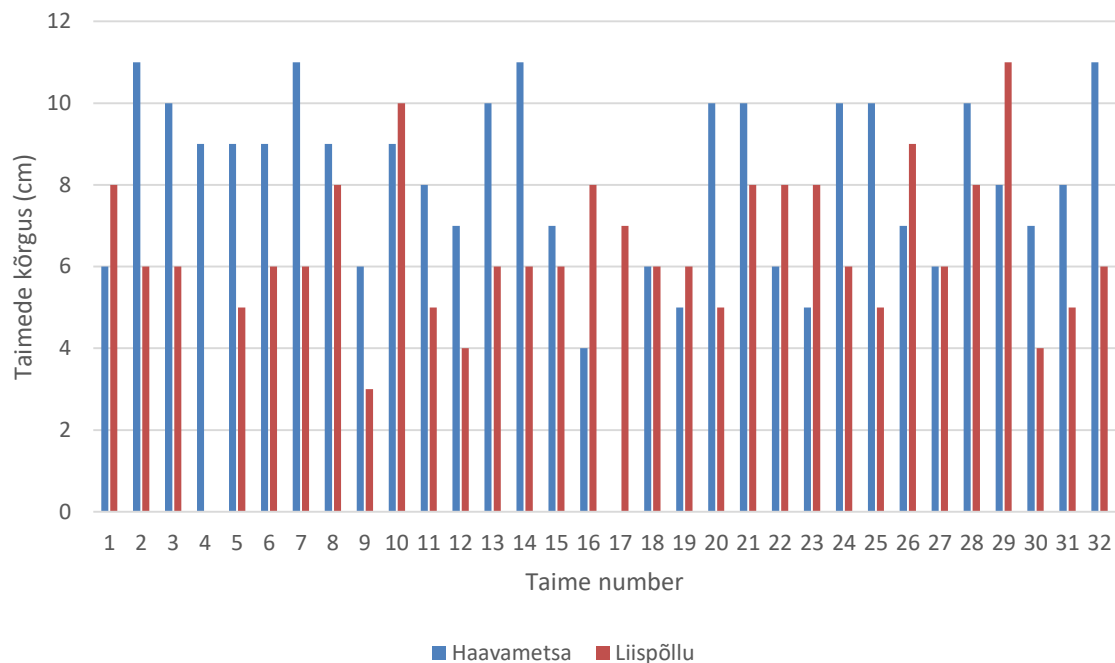
4.1. Hariliku saare järglaste kõrguskasv

Kahe katseala peale tuvastati viis kõige suurema taimede keskmise kõrgusega katselappi, millest kolm oli Haavametsa katsealal: L1H (Läänemaa, haige) 18 cm (joonis 10), IV7T (Ida-Virumaa, terve) 16,3 cm ja J9T (Järvamaa, terve) 15 cm ning Liispõllult kaks katselappi: J5H (Järvamaa, haige) 16,1 cm ja L1H (Läänemaa, haige) 14,1 cm.



Joonis 10. Läänemaa haige hariliku saare emapuu (L1H) järglaste kõrgus 64 erineval taimel Järvselja katsealadel.

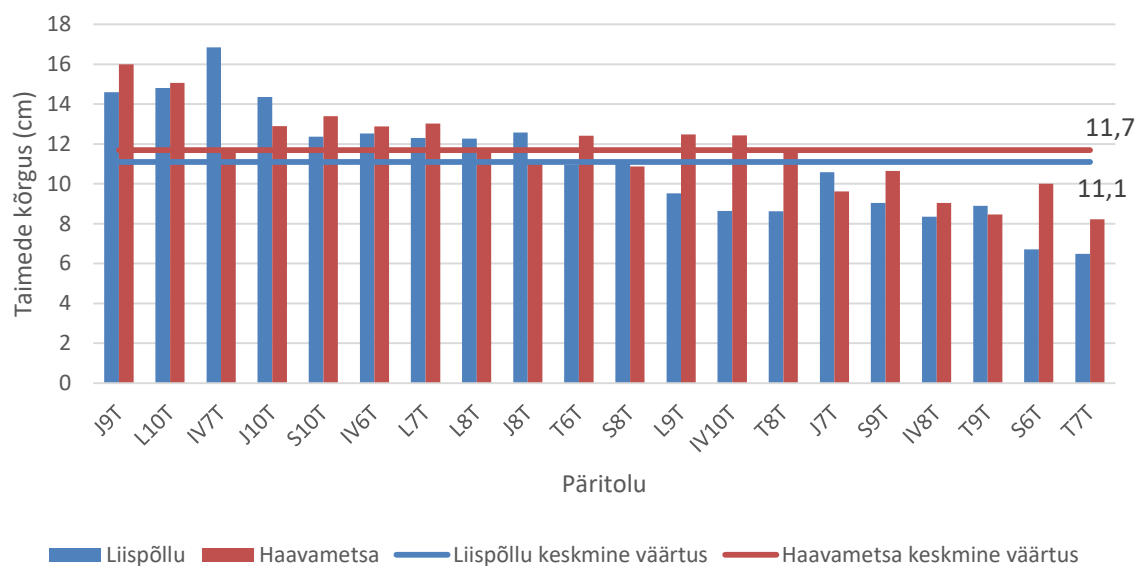
Viis kõige väiksema kõrgusega katselapist, kaks olid Haavametsal: T1H (Tartumaa, haige) 7,5 cm, IV2H (Ida-Virumaa, haige) 6,6 cm ja Liispõllul kolm: T8T (Tartumaa, terve) 7,6 cm, S6T (Saaremaa, terve) 6,7 cm ja T7T (Tartumaa, terve) 6,3 cm (joonis 11).



Joonis 11. Tartumaa terve hariliku saare emapuu (T7T) järglaste kõrgus 64 erineval taimel Järvelja katsealadel.

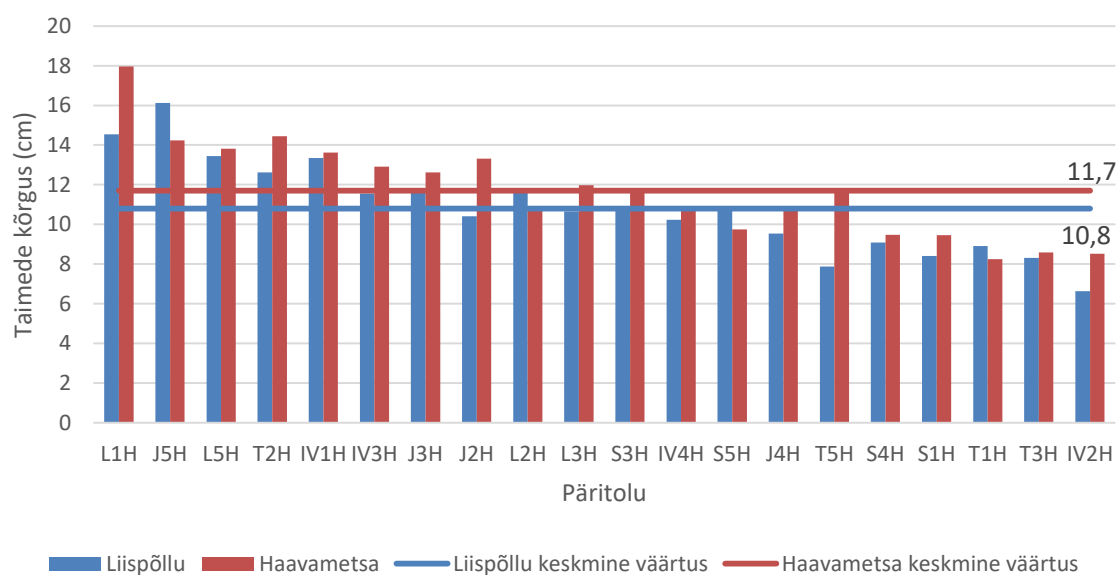
Haavametsa katsealal oli umbrohu kasv oluliselt tugevam, millest võis oleneda ka taimede kõrgem suremus, see oli 4,2% ning sümptomitega taimi oli 4,1%, mis on siiski väiksem kui Liispõllu katsealal. Liispõllu katsealal oli rohkem liigset pinnavett ning selle tõttu võis olla ka enam sümptomiga saari (4,4%) võrrelduna Haavametsa katsealaga. Liispõllul oli taimede suremus 1,6%.

Haavametsa ja Liispõllu katseala tervete emapuu taimede kõrgused on esitatud päritolude kaupa koos, keskmiste kõrgustega (joonis 12). Haavametsa katsealal järglaste keskmine kõrgus on 11,7 cm ning Liispõllu katsealal 11,1 cm.



Joonis 12. Tervete hariliku saare emapuu järglaste keskmised kõrgused päritolude kaupa.

Sarnaselt hinnati ka haigete hariliku saare emapuude järglaste kõrgused (joonis 13), kus Haavametsa katsealal keskmiseks kõrguseks oli 11,7 cm ja Liispõllu katsealal 10,8 cm.



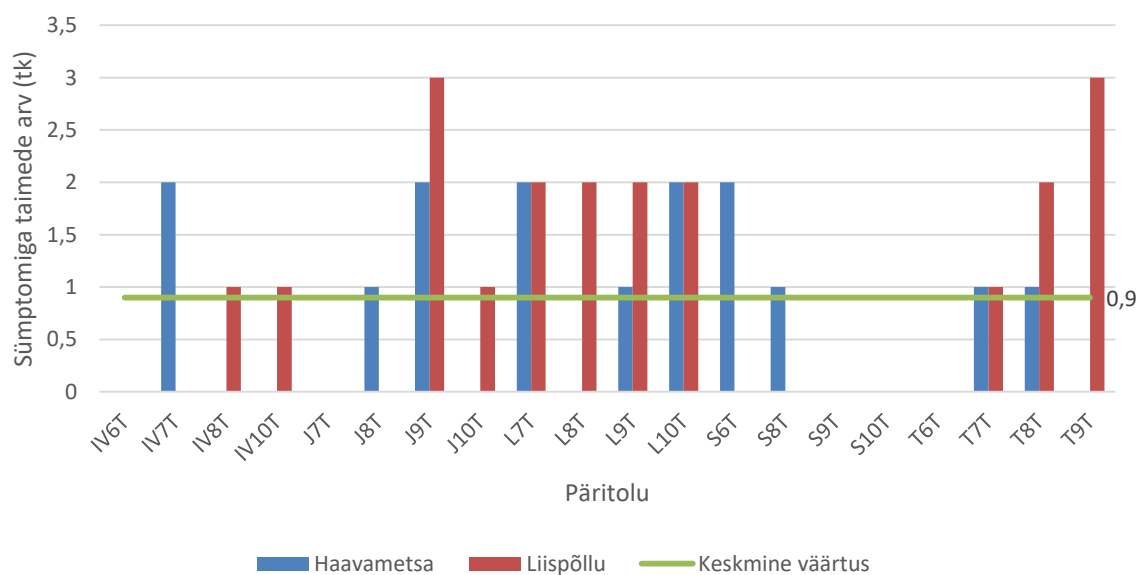
Joonis 13. Haigete hariliku saare emapuu järglaste keskmised kõrgused päritolude kaupa.

Mõlema katseala haigete kui ka tervete saarepuude järglaste keskmised kõrgused statistiliselt oluliselt ei erinenud ($p > 0,05$), katseala sees ega katsealade vahel.

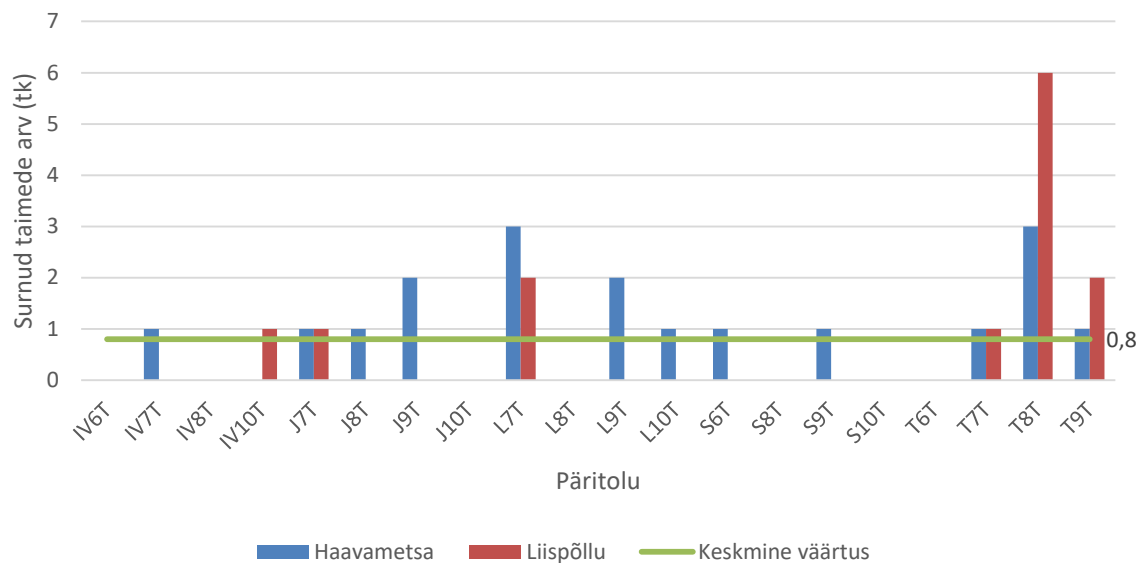
Kuigi kõrgused varieerusid päritolude vahel, on tervikuna haigete ja tervete puude keskmised kõrgused statistiliselt sarnased katsealade piires, mis tähendab, et statistilisi olulisi erinevusi saare järglaste kõrgustes ei esinenud.

4.2. Hariliku saare järglaste kahjustused ja suremus

Mõlemal katsealal hinnatud tervete emapuude järglaste sümptomitega taimi on keskmiselt 0,9 päritolu kohta (joonis 14). Tervete emapuude järglastest on surnud taimi kokku keskmiselt 0,8 päritolu kohta (joonis 15). Nii sümptomitega kui ka surnud taimede arv kahe katseala vahel erines statistiliselt oluliselt ($p < 0,05$).

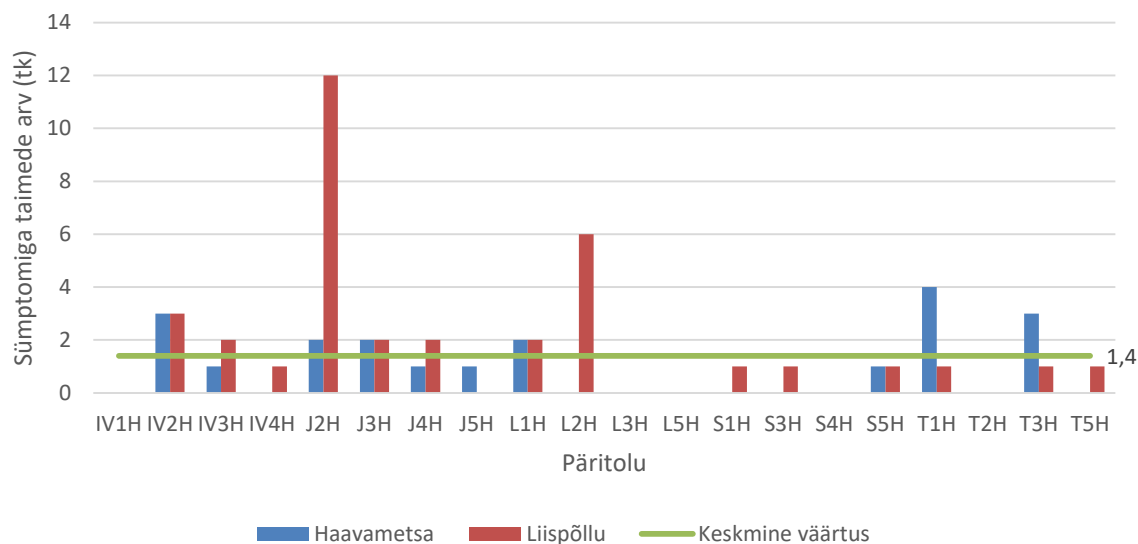


Joonis 14. Tervete emapuude sümptomiga saaretaimede arv päritolude kaupa. Horisontaalne joon näitab keskmist väärtust.

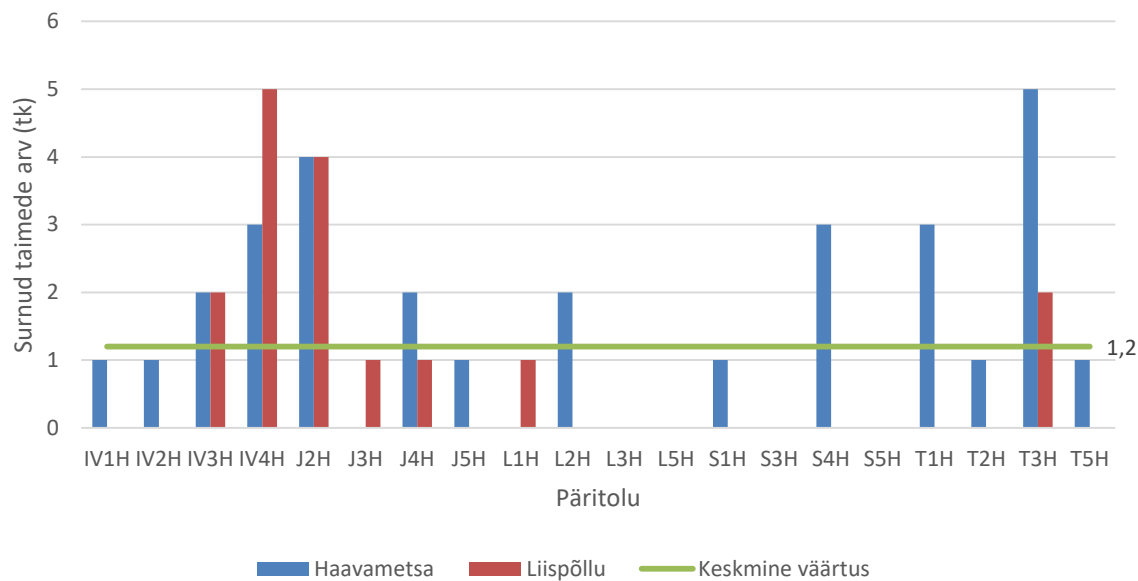


Joonis 15. Tervete emapuude surnud saaretaimede arv päritolude kaupa. Horisontaalne joon näitab keskmist väärtust.

Haigete emapuude järglaste keskmine sümptomitega taimede arv oli 1,4 ühe päritolu kohta (joonis 16) ning surnud taimede arv 1,2 päritolu kohta (joonis 17).



Joonis 16. Haigete emapuude sümptomitega saaretaimede arv päritolude kaupa. Horisontaalne joon näitab keskmist väärtust.



Joonis 17. Haigete emapuude surnud saaretaimede arv päritolude kaupa. Horisontaalne joon näitab keskmist väärtust.

Kahe katseala võrdlusena oli sümptomiga puude arv statistiliselt oluline ($p < 0,05$) ehk Liispõllu katsealal oli sümptomitega taimi enam. Surnud taimede arv oli mõlemal katsealal sarnane ($p > 0,05$), kuigi surnud taimedega päritolusid oli enam Haavametsas võrrelduna Liispõlluga.

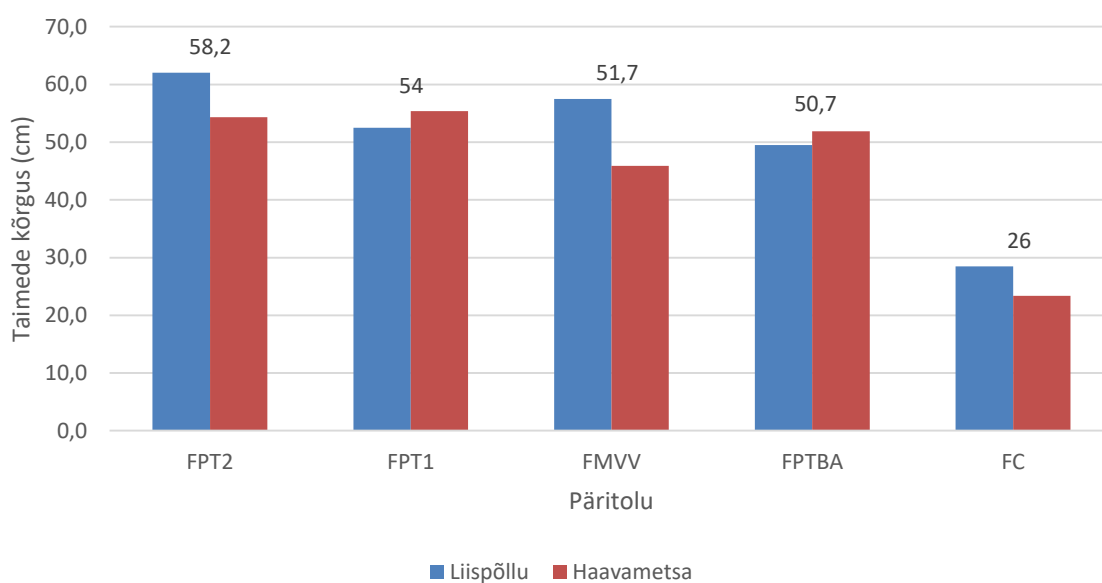
4.3. Eksoot-saareliikide kõrguskasv

Kuna Haavametsa katseala oli Liispõllu omast suurem, istutati Haavametsa katsealale rohkem eksoot-saareliike. Saaretaimed olid kolmeaastased seemikud ning nende keskmine kõrgus ka oluliselt suurem, võrreldes hariliku saarega. Taimede vanuse erinevus oli tingitud sellest, et eksoot-saaretaimed idanesid kohe esimesel aastal samas kui hariliku saare seemned idanesid teisel aastal.

Haavametsa katsealale istutati kokku 144 eksoot-saareliigi taimi, millest neli oli surnud ning suremus on 1,9%. Liispõllu katsealale istuti 72 eksoot-taimi, seal surnuid ei olnud. Hukkumise põhjused võivad seotud olla kasvukohaga, ning arvesse tuleks võtta asjaolu, et

Liispõllul oli taimi märkimisväärselt vähem. Mõlemal katsealal oli kokku sümptomaatilisi eksoot-saari 10,2%. Surnud taimede arv kui ka sümptomiga taimede arv mõlemal katsealal oli statistiliselt oluline ($p < 0,05$).

Eksoot-saareliikide keskmised kõrgused päritolude kaupa näitavad, et Haavametsa katseala kõikide taimede keskmiseks kõrguseks oli 46,2 cm ja Liispõllu katsealal 50 cm. Nendest eksoot-saartest parima kasvuga olid pensilvaania saare järglased, s.o FPT2 keskmise kõrgusega 58,2 cm ja FPT1 kõrgusega 54 cm (joonis 18).

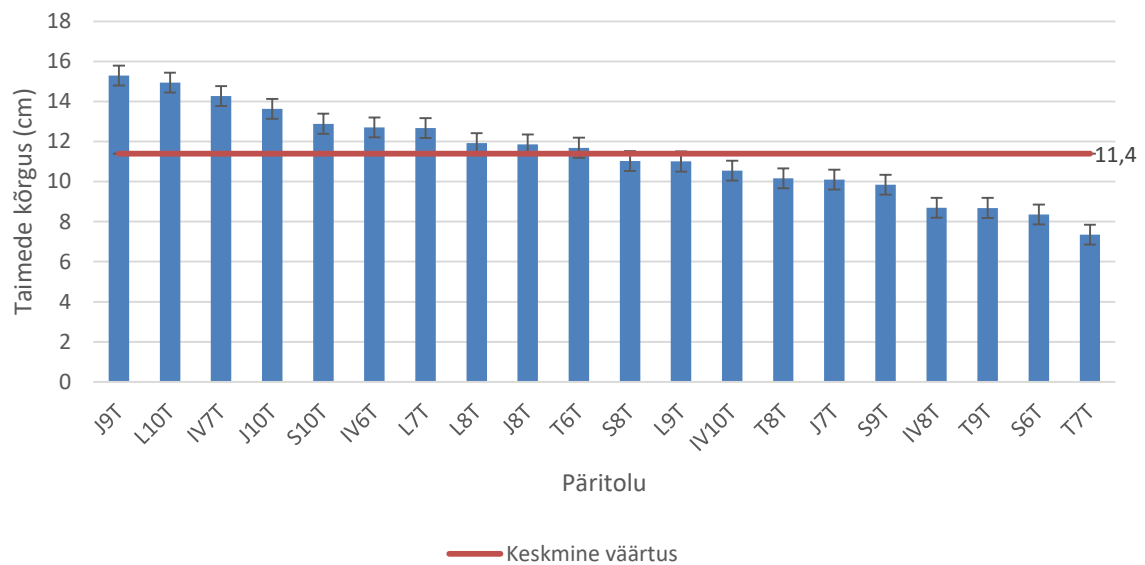


Joonis 18. Eksoot-saaretaimede (FPT1, FPT2, FPTBA – pensilvaania saar; FMVV – mandžuuria saar; FC – hiina saar) keskmised kõrgused päritolude kaupa. Tulpdiagrammide peal on esitatud hinnatud taimede keskmine kõrgus.

Laboritulemused näitavad, et 17nest analüüsitud sümptomaatilisest proovist olid saaresurma nakatunud kaks proovi, mis olid eksoot-saareliik pensilvaania saar (FPT1) ja hiina saar (FC). Pensilvaania saar oli juhuslikult kaasa võetud taim Haavametsa katsealalt, hiina saarest oli võetud proov enne istutamist.

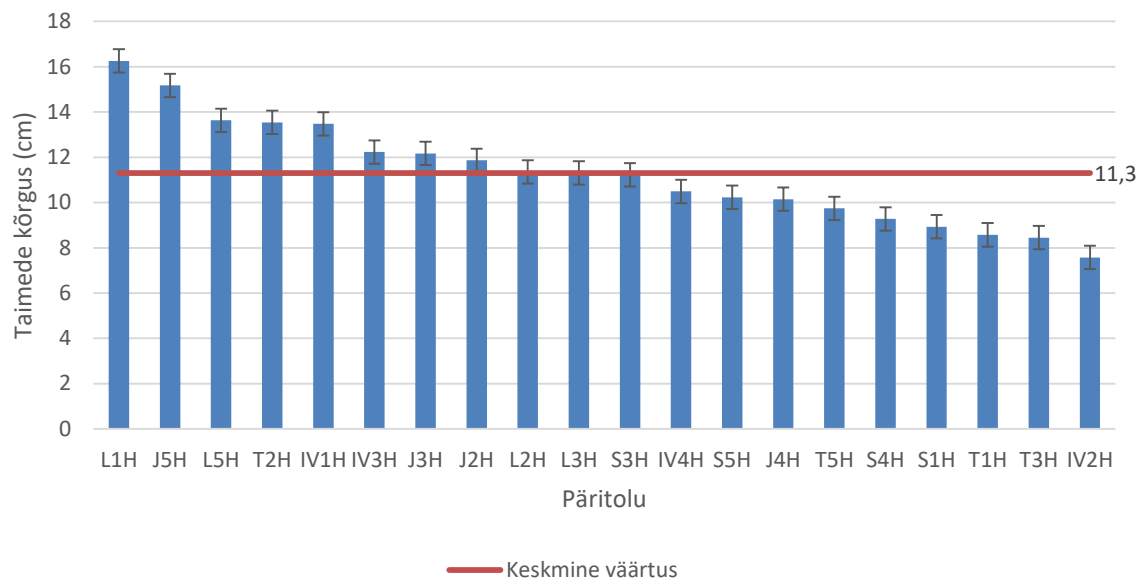
4.4. Hariliku saare järglaste keskmine kõrguskasv kahel katsealal kokku

Mõlema katseala koondina hinnati tervete emapuude keskmised kõrgused. Parima kasvuga oli Järvamaa päritolu (J9T) (joonis 19), sellele järgnevad Läänemaa päritolu (L10T) ja Ida-Virumaa päritolu (IV7T), tervete emapuude taimede keskmine kõrgus on 11,4 cm. Haavametsa ja Liispõllu tervete järglaste keskmised kõrgused statistiliselt oluliselt ei erinenud ($p > 0,05$).



Joonis 19. Tervete emapuude järglaste keskmised kõrgused kahe katseala koondina.

Haigete emapuude järglaste parima keskmise kõrgusega olid Läänemaa päritolu (L1H), Järvamaa päritolu (J5H) ja Läänemaa päritolu (L5H) (joonis 20).



Joonis 20. Haigete emapuude järglaste keskmised kõrgused kahe katseala koondina.

Mõlema katseala kohta mõõdetud taimede keskmine kõrgus oli 11,3 cm, mis ei ole statistiliselt oluliselt erinev ($p > 0,05$) ehk haigete puude kõrgused olenemata kasvukohast olid sarnased.

5. ARUTELU

Pärast esimest kasvusesooni haigete ja tervete puude järglaste keskmised kõrgused mõlemal katsealal olid peaaegu identsed ($p > 0,05$). Parima kasvuga järglased pärinesid nii tervetelt kui ka haigetelt emapuudelt. Hetkel on keeruline hinnata parima kasvuga päritolu, parimat juurdekasvu saab hinnata alles järgnevat aastate vegetatsiooniperioodide järel.

Tulemusi analüüsid Haavametsa katsealal oli suremus suurem võrreldes Liispõllu katsealaga, mis võis olla tingitud intensiivsemast umbrohu kasvust. Saar on valgusnõudlik puuliik, seega tihe umbrohi takistab piisava valguse jõudmist taimedeni, järelikult tingis see osaliselt 4,2% saare taimede hukkumise. Liispõllu katsealal oli umbrohu kasv tagasihoidlikum ning taimed said piisavalt valgust, kuid seal esines liigvee probleem. Vaatamata sellele oli suremus siiski vaid 1,6%. Liigvees olevad taimed olid stressis ja rohkem vastuvõtlikumad haigustele, seega oli sümptomaatilisi taimi antud katsealal 4,4%. Sümptomaatiliste taimede arv oli sarnane ka Haavametsa katsealaga (4,1%), mis võis olla tingitud intensiivsest umbrohu kasvust.

Olulise tulemusena tuleb märkida, et haigete ja tervete emapuude järglaste kõrgustes ei olnud erinevusi peale esimest kasvusesooni, kuna taimede kasvu on mõjutanud istutusjärgne šokk ilmselt sarnaselt. Ootuspärane oli, et haigetelt emapuudelt korjatud seemnetest kasvanud järglased omasid enam haigussümptomeid. Sümptomaatilisi taimi haigete emapuude iga päritolu kohta oli keskmiselt 1,4 ning tervete emapuude järglastel oli keskmiselt 0,9 taime iga päritolu kohta, mis oli statistiliselt oluline erinevus ($p < 0,05$). Esimese kasvusesooni järel taimede suremine oli ilmselt juhuslik ja tingitud pigem istutusvigadest. Surnud taimede arv haigete emapuude järglastel oli keskmiselt 1,2 taime päritolu kohta. Tervete emapuu surnute järglaste arv oli aga 0,8 surnud taime päritolu kohta, seega oli surnuid puid rohkem haigete emapuude järglastel ($p < 0,05$). Järgnevat aastate hinnangud peaksid näitama, kas saaretaimede ellujäämus erineb haigete ja tervete emapuude järglastel või mitte.

Esimese kasvusesooni järel saaresurma tekitaja *H. fraxineus*'e visuaalseid sümptomeid ei olnud. Siiski tehti laboris molekulaarse analüüsiga kindlaks, et 17nest proovist olid nakatunud saaresurma tekitajasse vaid kaks proovi, kuid nende välised sümptomid polnud

üheselt selged. Nendeks proovideks osutusid eksoot-saareliigid, taimlast kogutud hiina saare proov ja Haavametsa katsealalt kogutud pensilvaania saare proov, kuidas võis nakkus taimedesse jõuda jääb hetkel ebaselgeks.

2012. aastal tehti Rootsis uurimustöö, kus uuriti seda, kas hariliku saare seemned kannavad edasi saaresurma tekitaja nakkust. Antud töös tuvastati saaresurma 8,3% seemnetest. Siiski on teadmata, kas patogeen mõjutab seemnete idanemist ja kasvu. Töö ühe soovitusena nenditi, et parema vastupidavuse saavutamiseks saaresurmale tuleks seemned korjata puult, mis on vähem kahjustatud patogeeni poolt (Cleary *et al.* 2012). Teises uurimuses tuvastati mandžuuria saare seemnetelt saaresurma nakkus, kusjuures emapuul oli täiesti terve (Drenkhan *et al.* 2017). Samas Leedus tehtud uuringu eesmärgiks oli analüüsida saaresurma tekitaja edasi kandumist seemnest seemikutesse. Selle töö tulemusena ei leitud tõendeid, et patogeen kanduks seemnelt edasi taime kudedesse (Marčiulytė *et al.* 2017). Viimati mainitud analüüsi tulemusi kinnitab ka Järvelja katseala tulemused, kus haigete saarepuude järglastel pole selgeid saaresurma sümptomeid näha, niisamuti ka mandžuuria saare järglastel. Kuidas nakatusid katsealal saaresurma vaid hiina saare ja pensilvaania saare taimed jääb hetkel ebaselgeks.

Eksoot-puuliigid võivad patogeenide suhtes isegi vastuvõtlikumad olla, kui kodumaised puuliigid, sest need ei ole nii hästi kohastunud siinsete keskkonnatingimustega. Mida ka varasemad uurimused on näidanud, et võõrliigid nakatuvad invasiivsete patogeenidega kergemini (Drenkhan *et al.* 2017a). Saaresurma kontekstis ei ole antud küsimus nii üheselt selge, sest näiteks mandžuuria saar nakatub vähem saaresurma kui harilik saar (Drenkhan *et al.* 2017a). Siiski, Eestis on saaresurma tõttu enim kahjustunud eksoot-saareliik must saar (*Fraxinus nigra*) võrrelduna hariliku saarega (Drenkhan, Hanso 2010).

Pärast esimest eksoot-saaretaimede kasvusesooni katsealal on raske järeldada, kas sümptomaatiliste taimede hulk on seotud vaid päritoluga. Surnud järglasi leidis ainult Haavametsa katsealal, 144 taimest 1,9%. Sümptomiga eksoot-saari leidis mõlemal katsealal ning neid oli 10,2% eksoot-saare taimedest. Eksoot-saare järglastest parima kasvuga mõlema katseala võrdlusena olid pensilvaania saare päriolud, FPT2 keskmine kõrgus oli 58,2 cm ja FPT1 keskmine kõrgus oli 54 cm. Lühema keskmise kasvuga olid hiina saared, 26 cm (joonis 18).

Päritolude kaupa parima kasvuga tervete emapuude järglased olid: Järvamaa (J9T), Läänemaa (L10T) ja Ida-Virumaa (IV7T). Saaremaalt ja Tartumaalt pärit tervete emapuude

järglased olid väikseima keskmise kõrgusega. Haigete emapuude järglaste parimad keskmised kõrgused kahe katseala kohta kokku olid: Läänemaa (L1H, L5H) ja Järvamaa (J5H), mis oli sarnane ka tervetel emapuu järglastel. Viletsaima kõrgusega olid Saaremaa järglased, kus taimede keskmised kõrgused olid kõige lühemad. Antud tulemused veel ei peegelda parima kasvuga saare emapuu järglasi, sest esimene kasvusesoon on selleks liiga lühike aeg. Küll aga edasine monitooring ja hinnang võiks parimad päritolud välja selgitada. Neid parimaid saarejärglasi on vaja eelkõige selleks, et nende seemnetest pärit järglastest võiks soovitada saart istutada haljasaladele või vajadusel ka metsa. Mujalt(nt Kesk-Euroopast) pärit hariliku saare järglased ei pruugi meie tingimustesse üldse sobida ja võivad isegi enam nakatuda haigustesse. Viimast kinnitavad Leedus tehtud uuringud, kus testiti Saksamaa, Taani, Poola, Prantsusmaa, Tšehhi, Belgia ja Iirimaa päritolu hariliku saare järglasi ning nende ellujäämus võrreldes kohalike saartega oli oluliselt kehvem (Pliūra *et al.* 2011).

Kui saare taimed on nakatunud saaresurma juba taimlas, siis mida nende taimedega teha? Taime haiguste kontrollimisel on kasutatud ka varem taimede kuumutamist, et vältida erinevate haiguste ja kahjurite levikut (Lurie 1998). Sloveenia Metsainstituut kasutas seda tehnikat hariliku saare seemnetel ja võrsetel. Uuringu peamine eesmärk oli analüüsida temperatuuri mõju *H. fraxineus*'e kasvule. Selleks koguti seemned ja saarevõrsed sümptomaatilistelt puudelt, mis olid nakatunud saaresurma. Neid leotati kuumas vannis viis või kümme tundi, temperatuuril 36°C, 40°C või 44°C ning hiljem jahutati seemned külmas vees. Järglaste ellujäämus oli 80-87,5% kuuma veega töötlemisel 36°C ja 40°C juures kümme tundi. Pärast viie ja kümne tunnilist kuumutamist 44°C juures vähenes saare taimede ellujäämus oluliselt (Hauptman *et al.* 2013). Kuuma veega haiguste tõrjumiseks peab vee temperatuur olema piisavalt kõrge patogeenide hävitamiseks, aga ei tohi kahjustada taime kudesid (Agrios 1997; Eguchi *et al.* 2008). Kuuma veega 44°C töötlemine viis kuni kümme tundi kahjustab saare taimi. Mistõttu antud temperatuur ei sobi hästi kasutada. Parima tulemuse saamiseks peab proove töötleva pikema aja jooksul madalama temperatuuriga, näiteks 36°C juures kuni kümme tundi (Hauptman *et al.* 2013). Katseala taimi kuumas vees ei leotatud, sest puudusid kindlate saaresurma tunnustega taimed, kuid see võib osutuda oluliseks edaspidi surnud katsetaimede asendamisel.

2011. aastal analüüsiti Leedus saare puid kolmel katsealal, kus kaheksanda kasvusesooni järel jäid ellu ainult 10% saarepuude seemikutes ning põhjuseks oli eelkõige saaresurm pärast (*H. fraxineus*). Enne külvamist stratifitseeriti seemned kuni üks aasta. Järglaste

kahjustust võis oluliselt suurendada ka looduslik nakkus, mis võis tulla näiteks kõrval olevatest puistutest. Leedu kolmele järglaskatsele istutati 27 000 kolme aastast hariliku saare seemikut, neist võis pidada väliselt terveks või väheselt kahjustatuks ainult 768 (2,8%) taime kaheksanda kasvusesooni järel. (Pliūra *et al.* 2011)

Hariliku saare olukord pole kiita ka Põhja-Ameerikas, sest seal kahjustab kohalikke saareliike putukas, s.o saare-salehundlane (*Agrilus planipennis*) (Poland *et al.* 2006). See ohtlik kahjur on jõudnud juba ka Tveri, Venemaal ehk Eesti piirist vaid ca 618 km kaugusele (Selikhovkin *et al.* 2017). Kuidas meie harilik saar selle kahjuri üle elab on teadmata ja võib olla siingi on abi käesolevas töös käsitletud katsealadest.

KOKKUVÕTE

Harilik saar väheneb Eesti metsades ja mujal Euroopas haigustekitaja *H. fraxineus*'e tõttu, mille tõrjevõimalustega tegeletakse mitmetes uurimisasutustes üle Euroopa. Katsetades erinevaid meetodeid, kuid saaresurma ohjeldamiseks pole veel head lahendust leitud. Euroopasse levis saaresurm arvatavasti istutusmaterjaliga Aasiast.

Bakalaureusetöö andmed on kogutud kahelt Järvelja järglaskatselt, kuhu olid istutatud tervetelt ja haigussümptomitega emapuudelt kogutud seemnetest kasvatatud seemikud. Järglaskatsete algsed uuringud on tehtud pärast esimest saaretaimede kasvusesooni. Saaretaimede tervislik seisund peale esimest kasvusesooni oli üldiselt hea, sest suremus oli ainult 2,7%. Taimede kasvu mõjutanud kasvukohtade iseärasused on erinevad. Haavamatsa katsealal oli tihe umbrohi võrreldes Liispõllu tükiga, mis suurendas saaretaimede suremust ning Liispõllul oli seevastu enam liigset pinnavett, mille tõttu taimed olid stressis ja haigustele vastuvõtlikumad ehk oli enam sümptomaatilisi taimi. Kuigi eksoot-saaretaimedest parima kasvuga olid pensilvaania saared, ei ole siiski otstarbekas kasutada võõrliike invasiivsete patogeenide vastu võitlemiseks. Eesti oludes on parim lahendus kasutada kodumaiseid liike ehk hariliku saart, mis on siinsete keskkonna tingimustega harjunud ning tugevam. Küll aga testimise tulemusel saadud parimate kasvuomadustega eksoot-saari linnahaljastuses võib ikka kasutada.

Kõrgeima kasvuga saaretaimed olid pärit Läänemaa ja Järvamaa emapuudelt, kuid esimese kasvusesooni tulemused ei pruugi viidata parimale kasvule tulevikus.

Laborianalüüsiks oli kogutud 17 taimeproovi, millest saaresurma tuvastati kahes eksoot-saareliigis. Inventeerimise ajal sügisel 2017 ei olnud katsealade saaretaimedel veel näha selgeid saaresurma haigussümptomeid. Järgnevad aastad näitavad, milliseks kujuneb saaresurma mõju ja puude suremus.

Katsealade mõte seisneb selles, et eelduslikult tervete puude järglastest võivad saada haiguskindlamad kloonid, millelt omakorda saaks koguda tulevikuks seemneid või pookoksi, need võikski olla resistentsemad tuleviku järglased saaresurmale.

Praegu ja kohe saaks saaresurma vastu kasutada lihtsamaid meetodeid, näiteks koristada aiast või pargist mahalangenud saare lehed ning need põletada. Taimlates kasutada fungitsiide ning kasutusele võtta bioloogilise materjali rangem kontrollimine ja patogeenide testimine. Invasiivsete liikide probleeme tuleb laiemale ringkonnale rohkem teadvustada, sest kõik ei pruugi piisavalt keskkonnateadlikud olla.

KASUTATUD KIRJANDUS

- Agrios, G. N.** (1997). Plant Pathology: 4th edition – *San Diego: Academic Press*, 635 lk.
- Caudullo, G., Welk, E., San-Miguel-Ayanz, J.,** (2017). Chorological maps for the main European woody species. – *Data in Brief* 12, 662-666.
- Cleary, M.R., Arhipova, N., Gaitnieks, T., Stenlid, J., Vasaitis, R.** (2012). Natural infection of *Fraxinus excelsior* seeds by *Chalara fraxinea*. – *Forest Pathology* 43(1), 83-85.
- Downie, J.A.** (2017). Ash dieback epidemic in Europe: How can molecular technologies help? – *PLoS Pathogens* 13(7), 1-6.
- Drenkhan, R., Adamson, K., Drenkhan, T., Agan, A., Laas, M.** (2017a). Uus probleemistik dendropatoloogias – uued ja invasiivsed patogeenid. – *Forestry Studies / Metsanduslikud Uurimused* 67, 50-71.
- Drenkhan, R., Agan, A., Palm, K., Rosenvald, R., Jürisoo, L., Maaten, T., Padari, A., Drenkhan, T.** (2017b). Overview of ash and ash dieback in Estonia. – Vasaitis, R., Enderle, R. (eds.). Dieback of European Ash (*Fraxinus* spp.) – Consequences and guidelines for sustainable management. – *SLU Service/Repro, Uppsala, Sweden* 115-124.
- Drenkhan, R., Hanso, M.** (2009a). Hariliku saare allakäik Eestis ja mujal Euroopas. – *Eesti Loodus* 3, 14-19.
- Drenkhan, R., Hanso, M.** (2009b). Recent invasion of foliage fungi of pines (*Pinus* spp.) to the northern Baltics. – *Forestry Studies / Metsanduslikud Uurimused* 51, 49-64.
- Drenkhan, R., Hanso, M.** (2010). New host species for *Chalara fraxinea*. – *New disease reports* 22, 16.
- Drenkhan, R., Hanso, M., Drenkhan, T., Riit, T., Adamson, K., Tee, M., Palm, K., Mälg, M.** (2015). Mis on saaresurm ja miks see on oluline? [veebileht] http://ph.emu.ee/~drenkhan/saar/ettekanne/Saaresurm_rein.ppt (08.02.2018).
- Drenkhan, R., Riit, T., Adamson, K., Hanso, M.** (2016). The earliest samples of *Hymenoscyphus albidus* vs. *H. Fraxineus* in Estonian mycological herbaria. – *Mycological Progress* 15, 853-844.
- Drenkhan, R., Sander, H., Hanso, M.** (2014). Introduction of Mandshurian ash (*Fraxinus mandshurica* Rupr.) to Estonia: Is it related to the current epidemic on European ash (*F. excelsior* L.)? – *European Journal of Forest Research* 133(5), 769-781.
- Drenkhan, R., Solheim, H., Bogacheva, A., Riit, T., Adamson, K., Drenkhan, T., Maaten, T., Hietala, A.M.** (2017c). *Hymenoscyphus fraxineus* is a leaf pathogen of local *Fraxinus* species in the Russian Far East. – *Plant Pathology* 66(3), 490-500.

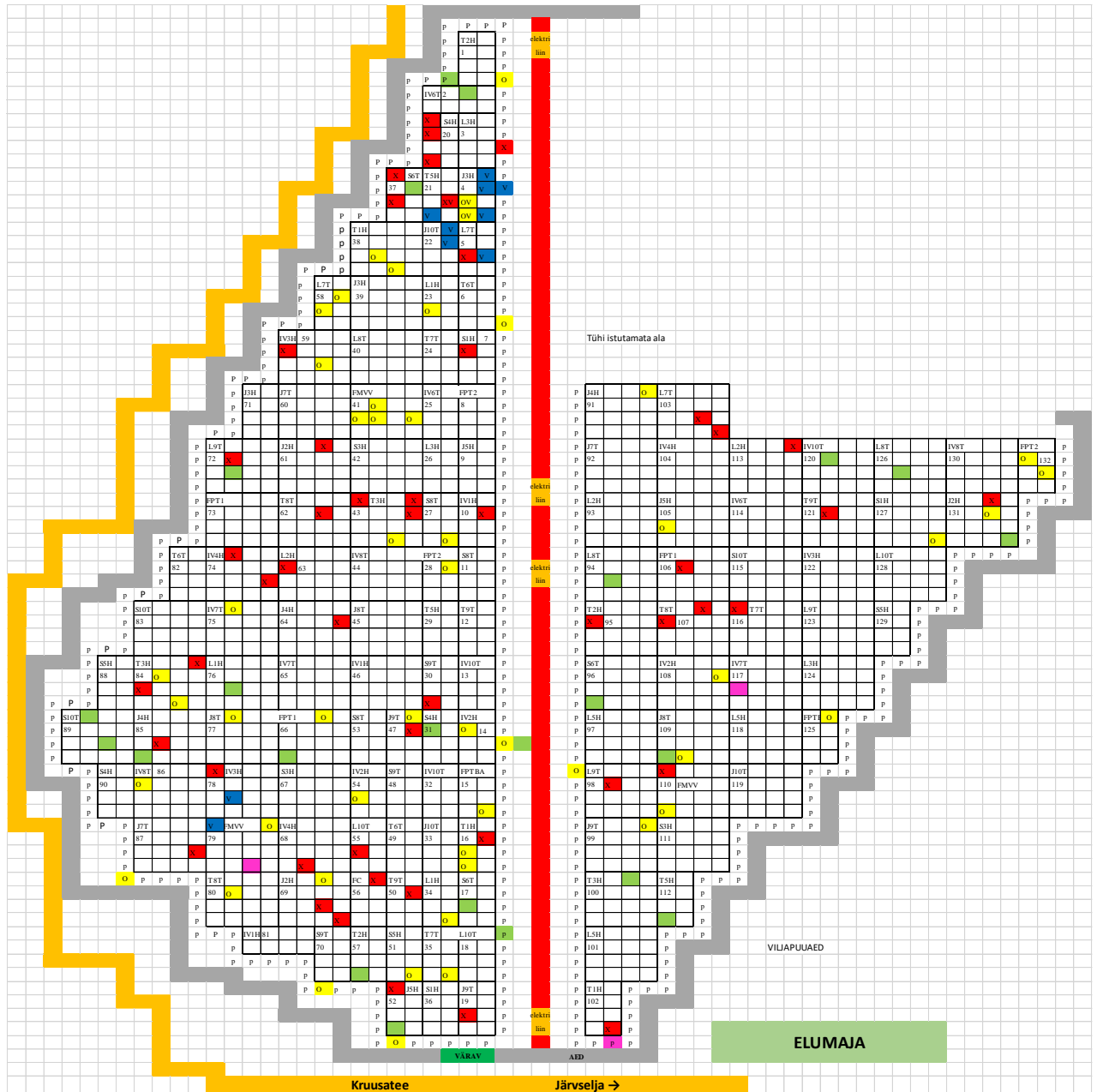
- Eguchi, N., Tokutake, H., Yamagishi, N.** (2008). Hot water treatment of Japanese pear trees is effective against white root rot caused by *Rosellinia necatrix* Prillieux. – *Journal of General Plant Pathology* 74, 382-389.
- Gross, A., Holdenrieder, O., Pautasso, M., Queloz, V., Sieber, TN.** (2014). *Hymenoscyphus pseudoalbidus*, the causal agent of European ash dieback – *Molecular Plant Pathology* 15(1), 5-21.
- Hauptman, T., Piškur, B., de Groot, M., Ogris, N., Ferlan, M., Jurc, D.** (2013). Temperature effect on *Chalara fraxinea*: heat treatment of samplings as a possible disease control method. – *Forest Pathology* 43, 360-370.
- Kowalski, T.** (2006). *Chalara fraxinea* sp. nov. associated with dieback of ash (*Fraxinus excelsior*) in Poland. – *Forest Pathology* 36(4), 264-270.
- Laas, E.** (1987). Dendroloogia. Tallinn: Valgus. 824 lk.
- Lurie, S.** (1998). Postharvest heat treatments. – *Postharvest Biology and Technology* 14, 257-269.
- Marčiulyniene, D., Davydenko, K., Stenlid, J., Shabunin, D., Cleary, M.** (2017). *Fraxinus excelsior* seed is not a probable introduction pathway for *Hymenoscyphus fraxineus*. – *Forest Pathology* 48, 1-3.
- Pautasso, M., Aas, G., Queloz, V., Holdenrieder, O.** (2013). European ash (*Fraxinus excelsior*) dieback – A conservation biology challenge. – *Biological Conservation* 158, 37-49.
- Pezzi, G., Maresi, G., Conedera, M., Ferrari, C.** (2012). Woody species composition of chestnut stands in the Northern Apennines: the result of 200 years of changes in land use. – *Landscape Ecology* 26, 1463-1476.
- Pihlgren, A., Hallingback, T., Aronsson, M., Dahlberg, A., Edqvist, M., Johansson, G., Krikorev, M., Thor, G.** (2010). The new Swedish Red List 2010. – *Svensk Bot. Tidskrift* 104, 210-226.
- Pliūra, A., Lygis, V., Suchockas, V., Bartkevičius, E.** (2011). Performance of Twenty Four European *Fraxinus excelsior* Populations in Three Lithuanian Progeny Trials with a Special Emphasis on Resistance to *Chalara fraxinea*. – *Baltic Forestry* 17(1), 17-34.
- Ploompuu, T.** (2007). Huvasti, Eesti saarikud! – *Eesti Loodus* 58(8), 14-15.
- Poland, T.M., McCullough, D.G.** (2006). Emerald Ash Borer: Invasion of the Urban Forest and the Threat to North America's Ash Resource. – *Journal of Forestry* 3(1) 118-124.
- Queloz, V., Grunig, CR., Berndt, R., Kowalski, T., Sieber, TN., Holdenrieder, O.** (2011). Cryptic speciation in *Hymenoscyphus albidus*. – *Forest Pathology* 41(2), 133-42.
- Raudsaar, M., Pärt, E., Adermann, V.** (2014). Forest Resources. – Yearbook Forest 2013. *Estonian Environment Agency* 1-42.
- Rosenvald, R., Drenkhan, R., Riit, T., Lõhmus, A.,** (2015). Towards silvicultural mitigation of the European ash (*Fraxinus excelsior*) dieback: the importance of acclimated trees in retention forestry. – *Canadian Journal of Forest Research* 45, 1206-1214.

- Roques, A., Rabitsch, W., Rasplus, J.-Y., Lopez-Vaamonde, C., Nentwig, W., Kenis, M.** (2009). Alien terrestrial invertebrates of Europe. – Drake, J.A. (ed.). Handbook of alien species in Europe, DAISIE. *Invading Nature, Series in Invasion Ecology*, vol. 3. Springer, Berlin, Germany 63-79.
- Santini, A., Ghelardini, L., De Pace, C., Desprez-Loustau, M.L., Capretti, P., Chandelier, A., Cech, T., Chira, D., Diamandis, S., Gaitniekis, T., Hantula, J., Holdenrieder, O., Jankovsky, L., Jung, T., Jurc, D., Kirisits, T., Kunca, A., Lygis, V., Malecka, M.B., Schmitz, S., Schumacher, J., Solheim, H., Solla, A., Szabo, I., Tsopelas, P., Vannini, A., Vettraino, A.M., Webber, J., Woodward, S., Stenlid, J.** (2013). Biogeographical patterns and determinants of invasion by forest pathogens in Europe. – *New Phytologist* 197, 238-250.
- Selikhovkin, A., Popovichev, B.G., Mandelshtam, M.Yu. Vasaitis, R., Musolin, D.L.** (2017). The Frontline of Invasion: the Current Northern Limit of the Invasive Range of Emerald Ash Borer, *Agrilus planipennis* Fairmaire (Coleoptera: Buprestidae), in European Russia. – *Baltic Forestry* 23(1), 309-315.
- Stenlid, J., Oliva, J., Boberg, J.B., Hopkins, A.J.** (2011). Emerging diseases in European forest ecosystems and responses in society. – *Forests* 2, 486-504.
- Exche in Not. Why is the existence of common ash in Austria at stake? [veebileht] <http://www.esche-in-not.at/index.php/en/problem> (02.04.2018).

LISAD

Lisa 1. Haavametsa katseala skeem koos tähistega joonisel

Tähised ja värvid joonisel on järgmised: valge ruut – terve taim, punane ruut – surnud taim X, kollane ruut – sümptomiga taim O, sinine ruut – vees olev taim V, roheline ruut – tops katki, lilla ruut – taim puudu aga peaks olema, p – puhvertaim, punane joon – elektriliin, hall tähis – kaitseaed.

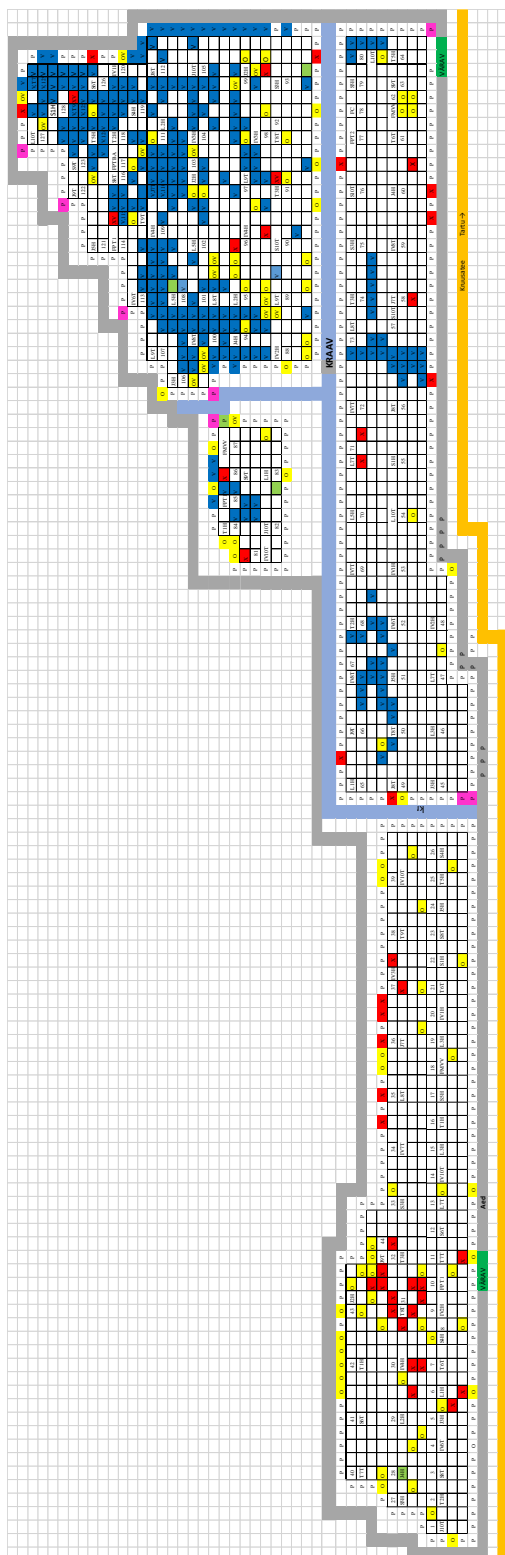


Lisa 2. Haavametsa katseala ortofoto



Lisa 3. Liispõllu katseala skeem

Tähised ja värvid joonisel on järgmised: valge ruut – terve taim, punane ruut – surnud taim X, kollane ruut – sümptomiga taim O, sinine ruut – vees olev taim V, roheline ruut – tops katki, lilla ruut – taim puudu aga peaks olema, p – puhvertaim, kollane joon – kruusatee, hall tähis – kaitseaed.



Lisa 4. Liispõllu katseala ortofoto



Handwritten notes and a large grid of numbers, likely a calendar or a data table, with various markings and annotations.

**Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning
juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta**

Mina, Hanna-Liina Pärnik-Pernik

sünniaeg 28.06.1996

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda koostatud lõputöö
HARILIKU SAARE (*FRAXINUS EXCELSIOR* L.) JÄRGLASKATSETE ANALÜÜS
mille juhendaja(d) on dotsent Rein Drenkhan ja teadur Ahto Agan
 - 1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,
 - 1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja
 - 1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemisekskuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;
3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega
isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor _____

(allkiri)

Tartu 24.05.2018

Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Luban lõputöö kaitsmisele.

(juhendaja nimi ja allkiri)

(kuupäev)

(juhendaja nimi ja allkiri)

(kuupäev)